

Japanese Patent Laid-open No. HEI 11-53585 A

Publication date : February 26, 1999

Applicant : Hitachi Denshi Service K.K.

Title : COLLISION DETECTION METHOD, OBJECT DISPLACEMENT

5 METHOD AND EDUCATION SIMULATOR

(57) [Abstract]

[Object] To improve moving speed of an object when it moves in a virtual space, by reducing processing volume of interference check resulting from  
10 movements of the object.

[Means] Simple shaped boxes a, b, and d that respectively enclose respective configurations of objects A, B, and D are created. Then, interference check is performed for these boxes a, b, and d, and detailed interference check is further performed on the objects A and B in the boxes a  
15 and b for which interference has been detected.

[0095] Fig. 15 illustrates the recording drive unit that has collided with the side of the personal computer body. In this example, as there has been no work to remove the side panel of the personal computer body, the recording drive unit  
20 cannot be incorporated therein. Thus, an alarm is displayed to indicate an impossible operation is instructed. Display of the alarm can be achieved by changing display aspect of a moving object (the recording drive unit, in this case), issuing alarm sound, etc.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-53585

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月26日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 6 T 17/40

G 0 6 F 15/62

3 5 0 K

G 0 9 B 9/00

G 0 9 B 9/00

Z

審査請求 有 請求項の数11 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平9-204614

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月30日

(71) 出願人 000233491

日立電子サービス株式会社

神奈川県横浜市戸塚区品濃町504番地2

(72) 発明者 羽原 貴明

神奈川県横浜市戸塚区品濃町504番地2

日立電子サービス株式会社内

(72) 発明者 山岸 令和

神奈川県横浜市戸塚区品濃町504番地2

日立電子サービス株式会社内

(74) 代理人 弁理士 富田 和子 (外1名)

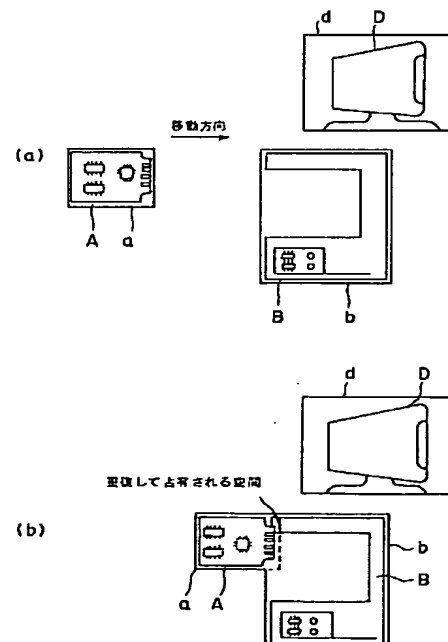
(54) 【発明の名称】 衝突検知方法、物体変位方法および教育シミュレータ

(57) 【要約】

【課題】 仮想空間内をオブジェクトを移動させるに際し、オブジェクトの移動に伴う干渉チェックの処理量を低減し、オブジェクトの移動速度を向上する。

【解決手段】 オブジェクトA、B、Dのそれぞれの外形をそれぞれ包む単純な形状の箱a、b、dを作成し、この箱a、b、dについて干渉チェックを行い、干渉が検出された箱a、bのオブジェクトA、Bについて詳細な干渉チェックを行う。

図 16



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 3 次元のコンピュータグラフィックス上における物体の衝突を検知するための衝突検知方法において、

仮想空間内にある物体のそれぞれに、その物体の外形を包む標準立体をそれぞれ定義し、

上記それぞれ定義される標準立体が占有する空間が重複するか否かにより、衝突を検知することを特徴とする衝突検知方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の衝突検知方法において、上記標準立体は、凹でない表面を有することを特徴とする衝突検知方法。

【請求項 3】 3 次元のコンピュータグラフィックス上における物体を変位するための物体変位方法において、仮想空間内を変位すべき変位物体が、変位されるべき変位先で衝突する物体を、請求項 1 および 2 のいずれか一項記載の衝突検知方法により検知し、衝突する物体が検知されたとき、上記変位物体の面と、上記他の物体の面とを計算して、変位できるか否かを判定するための衝突判定を行い、かつ、そうでないとき、上記衝突判定を行わずに上記変位物体を変位することを特徴とする物体変位方法。

【請求項 4】 3 次元のコンピュータグラフィックス上における物体を変位するための物体変位方法において、仮想空間内を変位すべき変位物体の進行方向に存在する物体と、上記変位物体との距離を計算し、上記変位物体が変位すべき距離が上記計算した距離よりも小さいとき、上記衝突判定を行わずに上記変位物体を変位することを特徴とする物体変位方法。

【請求項 5】 請求項 3 記載の物体変位方法において、仮想空間内を変位すべき変位物体の変位前の外形、および、当該変位物体が変位すべき変位先における外形を共に包む標準立体と衝突する、他の物体の外形を包む標準立体を検出し、上記検出された標準立体に含まれる物体の位置を求め、上記求めた位置の直前に、上記変位物体を変位し、衝突する標準立体が検出されない場合は、上記変位物体を変位すべき変位先に変位することを特徴とする物体変位方法。

【請求項 6】 請求項 3 記載の物体変位方法において、仮想空間内を変位すべき変位物体の、変位すべき進行方向の厚みを求め、上記求めた厚み分だけ、上記変位物体を変位し、上記変位された変位物体と、他の物体とが接触しているか否かを判定することを特徴とする物体変位方法。

【請求項 7】 請求項 6 記載の物体変位方法において、上記判定により接触していると判定されない限り、上記変位物体が変位すべき変位距離だけ変位するまで、上記変位物体の変位を繰り返すことを特徴とする物体変位方法。

【請求項 8】 請求項 6 記載の物体変位方法において、上記判定により接触していると判定されたとき、上記変位物体を上記求めた厚み分だけ戻すことを特徴とする物体変位方法。

【請求項 9】 請求項 3 から 8 記載の物体変位方法において、上記判定により接触していると判定されたとき、警告を促す表示および／または警告音の発生を行うことを特徴とする物体変位方法。

10 【請求項 10】 3 次元コンピュータグラフィックスの仮想空間における物体を変位するためのプログラムを記録した記録媒体において、請求項 3 から 9 のいずれか一項記載の物体変位方法に従って物体を変位させるための手順を記述したプログラムを記録したことを特徴とするプログラムを記録した記録媒体。

20 【請求項 11】 物体の変位を伴う分解組立の手順を、3 次元コンピュータグラフィックスの仮想空間における物体の変位をシミュレーションにより疑似体験させるための教育シミュレータにおいて、請求項 3 から 9 のいずれか一項記載の物体移動方法に従って仮想空間における物体を変位させることを特徴とする教育シミュレータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、3 次元のコンピュータグラフィックス上における物体の衝突を検知することができる、衝突検知方法、物体変位方法および教育シミュレータに係り、特に、仮想空間上での物体を高速で移動することに好適な、衝突検知方法、物体変位方法および教育シミュレータに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、マルチメディア対応のパソコン、安価なネットワークが普及が進んだことより、3 次元 CG (コンピュータグラフィックス) を実行する環境を手軽に利用できるようになってきている。環境の整備に伴い、3 次元 CG を用いて作業を疑似体験させることよって教育を行う教育シミュレータの開発が進められている。

40 【0003】このような教育シミュレータとして、例えば、保守サービス員の教育における作業実習として、機器の分解組立を疑似体験させ、その手順を理解させるための教育シミュレータなどがある。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来の教育シミュレータでは、CG の仮想空間に表示させている物体を移動する場合、移動先の周りに存在するオブジェクトのすべてについて、接触が発生するか否かを判定しながら、オブジェクトを移動している。このため、オブジェクトの移動に伴う演算処理量が增大するという問題がある。特

3

に、オブジェクトの形状が複雑になる場合や、存在するオブジェクトの数が増える場合は、演算処理量はより増大し、問題は一層深刻となる。

【0005】このような3次元を用いてシミュレーションを行えば、上述のように演算処理量が増大することにより、処理時間が長くなり、オブジェクト移動の高速化を図ることが困難である。

【0006】本発明は、オブジェクトの移動をスムーズに行うため、接触を判定するための演算処理量を低減することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を解決するために、本発明の第1の態様によれば、3次元のコンピュータグラフィックス上における物体の衝突を検知するための衝突検知方法において、仮想空間内にある物体のそれぞれに、その物体の外形を包む標準立体をそれぞれ定義し、上記それぞれ定義される標準立体が占有する空間が重複するか否かにより、衝突を検知することを特徴とする衝突検知方法が提供される。

【0008】本発明の第2の態様によれば、3次元のコンピュータグラフィックス上における物体を変位するための物体変位方法において、仮想空間内を変位すべき変位物体が、変位されるべき変位先で衝突する物体を、上記第1の態様の衝突検知方法により検知し、衝突する物体が検知されたとき、上記変位物体の面と、上記他の物体の面とを計算して、変位できるか否かを判定するための衝突判定を行い、かつ、そうでないとき、上記衝突判定を行わずに上記変位物体を変位することを特徴とする物体変位方法が提供される。

【0009】本発明の第3の態様によれば、3次元のコンピュータグラフィックス上における物体を変位するための物体変位方法において、仮想空間内を変位すべき変位物体の進行方向に存在する物体と、上記変位物体との距離を計算し、上記変位物体が変位すべき距離が上記計算した距離よりも小さいとき、上記衝突判定を行わずに上記変位物体を変位することを特徴とする物体変位方法が提供される。

【0010】本発明の第4の態様によれば、物体の変位を伴う分解組立の手順を、3次元コンピュータグラフィックスの仮想空間における物体の変位をシミュレーションにより疑似体験させるための教育シミュレータにおいて、上記第2の態様および第3の態様の物体移動方法に従って仮想空間における物体を変位させることを特徴とする教育シミュレータが提供される。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。

【0012】図1を参照して、本発明の第1の実施の形態について説明する。本実施の形態における3次元CG（コンピュータグラフィックス）疑似体験システムは、

4

実際の機器を利用して行う分解組立実習を、パソコンを利用して疑似体験するためのものであり、機器の分解組立の手順を保守員に理解させるためのシミュレーション教育に用いられる。本発明を適用した3次元CG疑似体験システムによれば、実際の機器を利用して行う分解組立実習を、パソコンを利用した疑似体験により行うことができる。

【0013】なお、以下の説明における物体の移動とは、並進する変位と、回転する変位とを含み、これらのそれぞれの変位またはこれらの組み合わせの変位を仮想空間における物体に生じさせることをいう。

【0014】図1において、3次元CG疑似体験システム1000は、実習対象機器の3次元データを作成するための3次元データ作成システム1200と、作成された3次元データを格納するための格納装置1500と、格納されている3次元データを用いてパソコン上で分解組立の操作を模擬するための分解組立疑似体験システム1400とを備えて構成される。

【0015】まず、3次元データ作成システム1200について説明する。上記3次元データ作成システム1200は、3次元図形の形状データを作成するための3次元形状作成プログラム1210と、作成された形状データを格納するための形状データサーバ1230と、写真などの画像ファイルを編集するための写真編集プログラム1220と、編集された写真データを格納するための写真データサーバ1240と、上記形状データサーバ1230および写真データサーバ1240に格納されているデータを用いて3次元データを作成するための3次元データ作成プログラム1250と、3次元物体の表示、移動、衝突判定を行うためのバーチャルリアリティ構築用プログラム1260とを有して構成される。

【0016】上記3次元形状作成プログラム1210では、直方体の箱の組み合わせで3次元図形を表現する形状データが作成される。

【0017】上記写真編集プログラム1220では、実習の対象となる写真を画像情報として取り込んだ画像ファイルについて、必要な部分の切り出し、大きさの変更などの編集が行われる。

【0018】上記3次元データ作成プログラム1250では、上記3次元形状作成プログラム1210によって作成された箱の各面に、上記写真編集プログラム1220で編集された、対象機器の写真が張り付けられる。これにより対象となる機器が表現される3次元物体を記述する3次元データが作成される。また、3次元データ作成プログラム1250では、3次元物体における定義作業、および、動作確認を行う機能が備えられている。定義作業としては、例えば、個々の3次元物体の属性を定義する作業、3次元物体相互の結合関係を指定する作業などが行われる。より具体的には、例えば、上記属性として、扉を有することの定義、その扉の回動軸の定義な

どが行われる。また、結合関係として、複数の3次元物体をそれぞれ部品として、新たな3次元物体が構成される結合関係が指定される。そして、上記動作確認として、上記作成された3次元物体について、例えば、扉の開閉、部品として結合されている3次元物体の分離、結合などが確認される。

【0019】上記定義作業は、マウスを用いてアナログ的な入力環境において行われる。これにより、直感的に定義し易くなり、特に、キーボードからデジタル的に数値や文字で入力する場合に比べて、作業工数を削減することが可能となる。定義作業の具体的な手順について、扉の軸の設定を例として説明する。

【0020】扉は、開閉の軸を定義する必要がある。デジタル的に定義する場合、形状データの名称を指定して、軸となる辺を指定する。この指定は、例えば、辺の番号を入力することによって行われる。

【0021】このようなデジタル的な手順では、形状データの名称、辺の番号などの記述情報を予め操作者が知っていなければならない。ところが、このような記述情報は、3次元物体を記述するための情報であり、本来知る必要のない情報である。従って、作業の煩雑が増し、しかも、記述情報は、技術的には意味づけされない情報であるので、誤って指定されたり、誤りを発見することが困難であるという問題がある。

【0022】一方、本発明を適用した3次元データ作成プログラム1250では、次のような手順で属性の定義が行われる。

【0023】まず、マウスで扉のデータをクリックする。次に、細長い形状で表される、軸オブジェクトを取り出し、扉の軸とすべき位置にマウスで移動する。

【0024】このような手順によって、マウス操作のみで扉の軸の設定が実行される。また、軸の位置も任意の場所に設けることが可能となる。

【0025】次に、上記3次元データ作成システム1200を用いた3次元データを作成する手順について説明する。

【0026】(1) 対象機器を、教育で実施され得る部分まで分解する。

【0027】(2) デジタルカメラで各部品を6方向から写真に撮る。そして、撮影された写真の画像データを上記写真編集プログラム1220で編集する。そして、編集した画像データを、上記写真データサーバ1240に格納する。

【0028】(3) 各部品の、直方体の組み合わせで記述される3次元形状を、上記3次元形状作成プログラム1210により作成する。そして、作成した3次元形状の形状データを形状データサーバ1230に格納する。

【0029】(4) 上記写真データサーバ1240に格納されている写真を、上記形状データサーバ1230に格納されている3次元形状である直方体の各面に、上記

3次元データ作成プログラム1250によって貼り付け、3次元物体のデータを作成する。

【0030】(5) 上記3次元物体の属性(扉など)を上記3次元データ作成プログラム1250によって定義する。

【0031】(6) 上記属性が定義された3次元物体を部品として組み立てて、3次元物体同士の結合関係を上記3次元データ作成プログラム1250によって指定する。

【0032】(7) 上記3次元データ作成プログラム1250によって上記属性、結合関係の動作確認を行い、これらが正しく定義されているか否かを確認する。

【0033】次に、上記分解組立疑似体験システム1400について説明する。上記分解組立疑似体験システム1400は、分解組立疑似体験プログラム1410と、3次元物体の表示、移動、衝突判定を行うためのパーティキュラリティ構築用プログラム1420とを有して構成される。

【0034】本分解組立疑似体験システム1400においては、マンマシンインタフェースハードウェアとして、3次元入力装置、3次元表示装置は採用せず、2次元の入力装置および表示装置を対象としている。これにより、普及しているマウス、CRTディスプレイを用いることができ、システム環境を安価に実現することができる。

【0035】受講者が熟知している操作は、実世界と全く同じ操作を実現することは必ずしも必要ではないので、コマンドにより指定を受け付けるなどして操作手順を簡略化した。例えば、ねじの開け閉めの操作は、対象とする部材を選択し、「ねじを開ける」、「ねじを閉める」などのコマンドを受け付けている。

【0036】コマンド操作は、すべてマウスと付属のボタンのみを用いて指定できるマンマシンインタフェースを採用している。コマンド操作としては、次の6つの機能を指定するコマンドを予め用意し、それぞれマウスを用いた操作により、コマンドの指定を受け付けている。

【0037】1. 物体の連続的な移動および回転機能。これは、マウスの移動方向、移動量に合わせて仮想空間内で物体を移動、回転する機能である。

【0038】2. 物体の指定方向への回転機能。これは、分解組立時の位置調整を容易にするため、指定した方向が正面にくるように物体を回転する機能である。

【0039】3. 視点の連続的な移動、回転機能。

【0040】4. 視点の指定方向への回転機能。これは、上述した2の機能とは異なり、物体の指定方向が正面になるように物体を中心に視点を回転する機能である。

【0041】5. 物体の分離、結合機能。これは、データ作成時に予め設定した物体同士の分離、結合機能である。結合は、分離した物体同士でのみ可能である。こ

の機能が実行される際には、ある程度の距離に近接した時点で物体の方向を自動的にあわせ、結合操作を容易にしている。

【0042】6. 扉の開閉機能。これは、マウスの移動方向、移動量に合わせて扉を開閉する機能である。すなわち、コマンドで「開く」を実施すると、自動的に開いていくのではなく、マウスで扉をクリックしながら任意の位置まで移動することで開閉を行う。

【0043】上記の各機能で共通する問題として、干渉チェックがある。物体の移動・回転時には、物体同士の干渉チェックを行い、ぶつかっていれば、それ以上動かないようにする必要がある。干渉チェックは、移動や回転を行っている物体が、仮想空間内の他の全物体とぶつかっているかどうかをチェックする。このため、干渉チェックには大量の計算を必要とする。動作をスムーズにするためには、極力計算量を減らしたい。

【0044】そこで、最初から物体を構成する全ポリゴンに対して干渉チェックを行うのではなく、物体の外形を包む単純な箱を作成し、この箱の干渉チェックを行い、干渉が検出された場合にのみ、全ポリゴンに対して

詳細な干渉チェックを行う2段階方式とした。

【0045】図16を参照して、この2段階で行われる干渉チェックについて説明する。3次元の現象ではあるが、図16では、平面的に表現している。図16において、3次元物体A、B、Dのそれぞれの外形をそれぞれ包む標準立体a、b、dが定義されている。3次元物体Aが、3次元物体B、Dに向かって移動するものとする。

【0046】まず、図16の(a)において、標準立体a、b、dが重複して空間を占有していないかを検知して、干渉チェックを行う。すなわち、この段階では、3次元物体A、B、D同士の干渉を直接検知するのではなく、それぞれの外形を包むより単純な形状の標準立体a、b、d同士の干渉をチェックすることによって、演算量を低減する。

【0047】そして、標準立体A、b、dのいずれかが、空間を重複して占有する場合、その標準立体に含まれている3次元物体同士の干渉をチェックする。すなわち、図16の(b)に示すように、空間を重複して占有している標準立体aおよび標準立体bについて、それぞれに含まれている3次元物体Aおよび3次元物体Bの干渉をチェックする。

【0048】これにより、最も多く行われ、また、その動きがスムーズであることが期待される、ぶつかっていないときの動きがスムーズに行われる。

【0049】また、図2に示すようなタイミングで、干渉チェックを実施することにより、計算量の低減と、チェック漏れの防止とを両立させている。すなわち、細かくチェックすれば、計算量が増え動作がギクシャクするし、大まか過ぎれば、移動途中にある物体をすり抜けて

しまう場合がある。本システムでは、移動方向への物体の厚みを算出し、その厚みごとに干渉チェックを行っている。これにより、物体がすり抜けることを避けた状態で、計算量の低減を実現している。

【0050】次に、図3および図4を参照して、上記分解組立疑似体験プログラム1410（図1参照）について説明する。

【0051】まず、図3を参照して、分解組立疑似体験プログラムの構成について説明する。

10 【0052】図3において、分解組立疑似体験プログラム1410は、仮想空間のイニシャライズを行うためのイニシャライズ部1411と、仮想空間内の各物体の外形を各々包む標準立体を生成するための物体のBOX化部1412と、移動の指示を受け付けるための移動指示入力部1414と、物体を移動させるための物体移動部1415と、物体相互の衝突を検出するための衝突検出部1416と、各部の連携をとり制御するための制御部1413とを有して構成される。

20 【0053】次に、図3および図4を参照して、分解組立疑似体験プログラム1410の動作手順について、物体移動の手順を中心に説明する。

【0054】まず、イニシャライズ部1411において、仮想空間のイニシャライズを行う（ステップS101）。

【0055】そして、仮想空間における各物体のBOX化を物体のBOX化部1412において行う（ステップS102）。ここで、BOX化とは、物体をその外形を包む予め定められた形状の標準立体で表現することである。標準立体の形状としては、例えば、凹でない表面を有する形状とすることができる。すなわち、標準立体の任意の2点を結ぶ線分が、標準立体の外部にない（すなわち、その表面または内部にある）形状とすることができる。これによって、物体の凹形状などを簡略化して、物体の形状を記述する頂点の数より少ない頂点の数で標準立体を記述することが可能となる。従って、標準立体に関する移動、衝突検知のための演算処理量を低減することができる。

40 【0056】より具体的な標準立体の形状としては、例えば、4面体、6面体、球体などを用いることができる。このような形状を用いることにより、標準立体はより簡略に記述され、移動、衝突検知にかかる演算処理量はより低減される。

【0057】特に、6面体として、直方体、立方体を用いることができる。このような形状とすることで、概略の形状が箱形となる機械部品に効率よく対応することができる。さらに、これらの表面の属性、すなわち、面のテクスチャーとして写真を貼り3次元物体を表現することにも好適である。

50 【0058】これらステップS101およびS102におけるイニシャライズ、BOX化は、物体の移動に先だ

って行われる。

【0059】そして、移動指示入力部1414により指示が受け付けられた移動物体の移動先の位置情報を、制御部1413において取得する（ステップS103）。

【0060】次に、移動すべき物体の、進行方向の厚みと、その物体を移動すべき移動先の位置までの移動距離とを、制御部1413において算出する（ステップS104）。そして、上記厚みと移動距離とを比較する（ステップS105）。比較の結果、移動距離が厚み以下であれば、ステップS110に進み、上記移動指示入力部1414により受け付けられた指定距離だけ移動する命令が、制御部1413から物体移動部1415に与えられる。次に、移動された移動先において、他の物体と接触しているか否かの判定を、衝突検知部1416により行う。判定の結果接触していれば、移動物体を元の位置に戻し、接触しなければ、物体の移動を終了する。

【0061】一方、比較の結果、移動距離が厚みを越える場合には、ステップS106に進み、移動前と移動後との間に形成される物体の形状を、制御部1413において算出する。

【0062】そして、ステップS106で形状が算出された物体と、他の物体との接触を衝突検出部1416において検出する（ステップS107）。ここで、接触が検出された場合には、ステップS113に進み、接触直前の位置を算出し、算出した直前の位置に物体を、物体移動部1415により移動する。

【0063】一方、接触が検出されなかった場合には、物体移動部1415により物体の移動が実施される（ステップS109）。

【0064】次に、図5から図11を参照して、3次元物体（以下、オブジェクトという）を記述するデータについて説明する。3次元物体を記述するデータは、それ以上分解できないものを1個のオブジェクトとして定義される。データが読み込まれるときに、データ同士の関係に従って、複数のオブジェクトが接続されたオブジェクト、または、単体のオブジェクトが、1個の移動対象となる。シミュレーションが開始されると、オブジェクト同士の結合により、複数のオブジェクトが1個の移動対象となったり、オブジェクトの分解により、データ読み込みのときに1個のオブジェクトだったオブジェクトが、複数に分離され、各々が1個の移動対象となったりする。

【0065】また、オブジェクトの外形を包む標準立体を記述するデータが、付加され、オブジェクトの衝突検知に用いられる。以下の説明では、標準立体として6面体が用いられる場合について説明する。

【0066】まず、図5を参照して、3次元物体を記述するデータファイルについて説明する。

【0067】図5において、1個のオブジェクトを表すデータ形式は、形状定義データと、状態制御データとを

有して構成される。形状定義データは、そのオブジェクトに固定的に定義される。また、状態制御データは、そのオブジェクトの状態、すなわち、オブジェクト同士の結合関係の変化に伴い、変更される。

【0068】図6を参照して、オブジェクトの外形を包む標準立体である6面体オブジェクトを記述するデータファイルについて説明する。図6において、6面体オブジェクトは、形状定義データだけで定義される。ここで、6面体オブジェクトは、オブジェクトの結合関係の変化に伴い再定義される点において、上述したオブジェクトの形状定義データと異なる。すなわち、2つのオブジェクトが独立して存在するときには、それぞれのオブジェクトについて6面体オブジェクトがそれぞれ定義される。そして、これらのオブジェクトが結合すると、2つのオブジェクトを共に包む6面体オブジェクトが新たに定義される。

【0069】次に、図7を参照して、上記形状定義データについて説明する。

【0070】図7において、形状定義データには、オブジェクト名称と、そのオブジェクトを構成する頂点を記述する情報と、そのオブジェクトを構成する面の情報とが含まれている。上記オブジェクトを構成する頂点を記述する情報は、そのオブジェクトを構成する頂点の数と、各頂点の頂点番号および座標とにより記述されている。また、上記オブジェクトを構成する面の情報は、そのオブジェクトを構成する面の数と、各面についての、その面を構成する頂点の数および各頂点の頂点番号とにより記述されている。

【0071】次に、図8を参照して、上記状態制御データについて説明する。

【0072】図8において、状態制御データには、そのオブジェクトが所属する親オブジェクトの名称と、そのオブジェクトの外側を囲む6面体オブジェクトの名称と、そのオブジェクトに所属する子のオブジェクトの情報とが含まれている。上記子のオブジェクトの情報は、そのオブジェクトに所属する子のオブジェクトの数と、各子のオブジェクトの名称とが記述されている。

【0073】次に、図9および図10を参照して、2つのオブジェクトの結合関係と、形状定義データとの関係について説明する。

【0074】まず、2つのオブジェクトが独立して存在する場合について説明する。

【0075】図9の(a)において、オブジェクトAと、オブジェクトBとが独立して存在している。すなわち、オブジェクトAおよびオブジェクトBはいずれも、親オブジェクトに所属していない。また、オブジェクトAおよびオブジェクトBのいずれかに所属している子オブジェクトも存在しない。そして、図示されていないが、オブジェクトAに対応して、その外側を囲む6面体オブジェクトaが定義され、オブジェクトBに対応し



て、その外側を囲む6面体オブジェクトbが定義される。

【0076】このような状態における、2つのオブジェクトAおよびBのそれぞれオブジェクトを記述するデータファイルは、それぞれ、図10の(a)に示すように表される。図10において、形状定義データは、オブジェクトの状態によって変更されないで簡略して描かれており、そのデータファイル対応するオブジェクトを識別する記号(A、B)を付して、形状定義データA、形状定義データBとして、オブジェクトA、Bそれぞれの形状定義データを代表させている。これは、図7に示した形式に従えば、形状定義データAの1行目にオブジェクトAと記述され、形状定義データBの1行目にオブジェクトBと記述されることに相当する。

【0077】図10の(a)において、形状定義データAを含むデータファイルにおいて、本オブジェクトが所属する親オブジェクトの名称の欄は、空白であり、オブジェクトAが所属する親オブジェクトが存在しないことが示されている。また、本オブジェクトの外側を囲む6面体オブジェクトの名称の欄に、オブジェクトAに対応する6面体オブジェクトの名称が6面体aであることが示されている。そして、本オブジェクトに所属する子のオブジェクトの数の欄には、0が記述され、オブジェクトAに所属している子オブジェクトが存在しないことが示されている。また、形状定義データBを含むデータファイルについても同様に、オブジェクトBの状態が記述されている。

【0078】次に、一方のオブジェクトに他方のオブジェクトが結合されて親子関係が構成されている場合について説明する。

【0079】図9の(b)において、オブジェクトAとオブジェクトBとが互いに結合して新オブジェクトAを構成している。新オブジェクトAにおいて、オブジェクトAが親オブジェクト、オブジェクトBが子オブジェクトとなる結合関係にある。図示していないが、新オブジェクトAの外側を囲む6面体オブジェクトとして、6面体オブジェクトa'が定義される。

【0080】このような状態における、2つのオブジェクトAおよびBのそれぞれオブジェクトを記述するデータファイルは、それぞれ、図10の(b)に示すように表される。図10において、形状定義データは、オブジェクトの状態によって変更されないで簡略して描かれていることは、図10(a)と同様である。

【0081】図10の(b)において、形状定義データAを含むデータファイルにおいて、本オブジェクトが所属する親オブジェクトの名称の欄は、空白であり、オブジェクトAが所属する親オブジェクトが存在しないことが示されている。また、本オブジェクトの外側を囲む6面体オブジェクトの名称の欄に、新オブジェクトAに対応する6面体オブジェクトの名称6面体a'が記述さ

れ、新オブジェクトAの外側、すなわち、オブジェクトAの外側およびオブジェクトBの外側を共に囲む6面体オブジェクトa'が対応していることが示されている。そして、本オブジェクトに所属する子のオブジェクトの数の欄には、1と書かれ、その名称Bが記述されている。これにより、オブジェクトAに所属している子オブジェクトが1つ存在し、そのオブジェクトは、オブジェクトBであることが示されている。

【0082】また、形状定義データBを含むデータファイルについては、本オブジェクトが所属する親オブジェクトの名称の欄にはAと書かれ、オブジェクトBが所属する親オブジェクトがオブジェクトAであることが示されている。また、本オブジェクトの外側を囲む6面体オブジェクトの名称の欄は、空白であり、オブジェクトBに対応する6面体オブジェクトが存在しないことが示されている。そして、本オブジェクトに所属する子のオブジェクトの数の欄には、0が記述され、オブジェクトBに所属している子オブジェクトが存在しないことが示されている。

【0083】次に、図11を参照して、より複雑な親子関係を構成しているオブジェクトを記述するデータファイルについて説明する。図11において、形状定義データA、B、C、D、E、I、mをそれぞれ含む7つのデータファイルが互いに関連付けられている。それぞれのデータファイルは、それぞれ7つのオブジェクトA、B、C、D、E、I、mを記述し、これらの関係付けにより、7つのオブジェクトA、B、C、D、E、I、mを含む新オブジェクトAが構成されていることが示されている。そして、その結合の親子関係は、オブジェクトAに、オブジェクトB、C、D、Eが所属し、オブジェクトEには、オブジェクトI、mが所属している。各データファイルの、本オブジェクトの外側を囲む6面体オブジェクトの名称の欄は、親子関係の最上位のオブジェクトのデータファイルのみ記入され、いずれかのオブジェクトに所属しているオブジェクトのデータファイルでは、空白となっている。

【0084】この、図11に示される場合は、上記7つのオブジェクトA、B、C、D、E、I、mのそれぞれの外側を共に囲む6面体オブジェクトは6面体a'であり、新オブジェクトAを移動する場合は、6面体オブジェクト6面体a'に関する衝突のみをチェックすればよい。すなわち、この6面体オブジェクト6面体a'に関する衝突が検知されなければ、上記7つのオブジェクトA、B、C、D、E、I、mは、いずれも衝突しないといえる。

【0085】次に、物体を記述するオブジェクトの外側を囲む6面体オブジェクトを生成する方法について説明する。

【0086】上述したように、物体を記述するオブジェクトのデータファイルには、そのオブジェクトを構成す

る各頂点の座標が書かれている。この各頂点の座標の値のうち、各々の座標軸における、最大値および最小値を選択する。これにより、上記物体の外側から接する立方体、すなわち、物体を外側から囲む6面体を定めることができる。より具体的には、例えば、あるオブジェクトの外形を囲む6面体は、そのオブジェクトについて定義されるローカル座標系 $x y z$ のそれぞれにおける、当該オブジェクトを構成する各頂点の座標 $(x_1, y_1, z_1) \sim (x_n, y_n, z_n)$ のうち、 $x$ 軸における最小値 $x_{min}$ および最大値 $x_{max}$ と、 $y$ 軸における最小値 $y_{min}$ および最大値 $y_{max}$ と、 $z$ 軸における最小値 $z_{min}$ および最大値 $z_{max}$ とによって定められる。すなわち、 $x_{min}$ を通り $x$ 軸に垂直な面と、 $x_{max}$ を通り $x$ 軸に垂直な面と、 $y_{min}$ を通り $y$ 軸に垂直な面と、 $y_{max}$ を通り $y$ 軸に垂直な面と、 $z_{min}$ を通り $z$ 軸に垂直な面と、 $z_{max}$ を通り $z$ 軸に垂直な面とを、その6つの面とする6面体が定まり、これが求めるべき、オブジェクトの外形を囲む6面体である。

【0087】次に、6面体オブジェクト同士の距離を算出するための方法について説明する。

【0088】6面体オブジェクトには、その位置を代表する点が定義されている。この位置としては、その6面体オブジェクトが定義されるオブジェクトの中心、または、そのオブジェクトに定義されるローカル座標の原点を用いることができる。そして、6面体オブジェクトの概略の大きさは、6面体の8つの頂点のうち、上記位置を代表する点から最も遠い頂点と、上記位置を代表する点との距離として求めることができる。

【0089】このような、位置を代表する点の座標、および、概略の大きさを用いることにより、2つの6面体オブジェクトの距離を容易に求めることができる。すなわち、2つの6面体オブジェクト同士の距離は、それぞれの6面体オブジェクトの位置をそれぞれ代表する点の距離から、それぞれの6面体オブジェクトの概略の大きさをそれぞれ差し引いたものとして求められる。

【0090】より正確には、上記概略の大きさを、6面体オブジェクトの向きを考慮して決めることにより、概略の距離の精度を向上することができる。すなわち、6面体オブジェクトの8つの頂点のうち最も相手側にある頂点と、位置を代表する点とを結ぶ線分の、2つの6面体オブジェクトの位置を代表する点を結んだ線分における射影の長さを概略の大きさとする。これにより、6面体オブジェクト間の距離を求める精度を向上することができ、特に、扁平度が大きな直方体形状である場合に精度の向上が顕著となる。

【0091】次に、図12から図15を参照して、本実施の形態の疑似体験システムにおける物体の移動の画面表示例について説明する。

【0092】図12において、2つの物体の移動前の状態が表示されている。図12において、紙面左側に記録

ドライブユニットが、紙面右側に、パソコン本体が配置されている。以下の動作は、記録ドライブユニットを、パソコン本体の内部に組み込もうとする動作を模擬するものである。

【0093】図13において、記録ドライブユニットの移動を開始された状態が表示されている。すなわち、仮想空間に静止しているパソコン本体に向かって、記録ドライブユニットが移動している。記録ドライブユニットを囲む6面体の各稜が表示され、この物体が、移動中であることが表示されている。

【0094】図14において、記録ドライブユニットがパソコン本体に近づいた状態が表示されている。

【0095】図15において、記録ドライブユニットが、パソコン本体の側面に衝突した状態が表示されている。この例では、パソコン本体の側板を取り外す作業が行われていなかったために、記録ドライブユニットは、パソコン本体に組み込むことはできない。そこで、不可能な動作が指示されたことを示すための警告表示が行われる。警告表示としては、例えば、移動している物体（この場合は記録ドライブユニット）の表示態様を変更すること、警告音を発することなどによって行うことができる。

【0096】このようにして、機器の組み立てにおける適切な手順、組み込み方向などを作業者が学習することができる。この例では、衝突することが明らかにわかる場合の画面表示を例示しているが、実際には、組み込む側の姿勢、例えば、縦置きの状態を、横置きの状態とすることで衝突を避けるべき作業があるなど、細かい手順がある。従って、体験を積むことにより、分解組立作業の手順を習熟することが要求される。このような場合に、本発明を適用した模擬体験システムを利用して実習することにより、実機を用いずに実習することができ、教育の機会を増やし、また教育にかかるコストを低減することができる。

【0097】

【発明の効果】本発明によれば、3次元コンピュータグラフィックス（CG）を用いたシミュレーションを行う場合、仮想空間を移動する物体と、他の物体との衝突の判定に必要な演算処理を削減することができる。従って、シミュレーションにおける物体の移動をスムーズにし、かつ、高速に移動することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明を適用した疑似体験システムの構成を示すブロック図である。

【図2】 本発明を適用した干渉チェックにおける、干渉をチェックするタイミングを示す説明図である。

【図3】 分解組立疑似体験プログラムの構成を示すブロック図である。

【図4】 分解組立疑似体験プログラムの動作手順を示すフロー図である。

【図5】 物体を示すオブジェクトを記述するデータファイルのデータ形式を示す説明図である。

【図6】 物体の外形を包む6面体オブジェクトを記述するデータファイルのデータ形式を示す説明図である。

【図7】 形状定義データのデータ形式を示す説明図である。

【図8】 状態制御データのデータ形式を示す説明図である。

【図9】 オブジェクトの結合関係を示す説明図であって、(a) オブジェクトAおよびBが独立して存在する状態、(b) オブジェクトAおよびBが接続された状態である。

【図10】 オブジェクトを記述するデータファイルおよびデータファイルの相互関係の、オブジェクトの接続に伴う変化を示す説明図であって、(a) 独立に存在するオブジェクトAおよびBのそれぞれのデータ、(b) オブジェクトAを親、オブジェクトBを子供とする親子関係に接続された状態を示すデータである。

【図11】 3世代の親子関係に接続されたオブジェクトのデータ形式およびデータの相互関係を示す説明図である。

【図12】 疑似体験システムの表示画面例であって、移動前の状態を示す説明図である。

【図13】 疑似体験システムの表示画面例であって、

移動を始めた状態を示す説明図である。

【図14】 疑似体験システムの表示画面例であって、記録ドライブユニットが本体に近づいた状態を示す説明図である。

【図15】 疑似体験システムの表示画面例であって、記録ドライブユニットが本体に衝突した状態を示す説明図である。

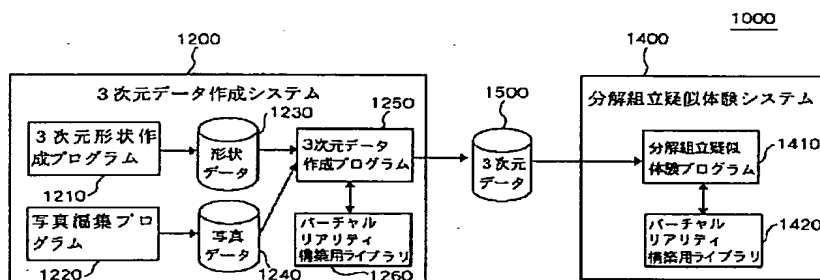
【図16】 2段階で行われる干渉チェックを示す説明図であって、(a) 標準立体相互のチェックが行われる段階、(b) 物体相互のチェックが行われる段階である。

【符号の説明】

1000…3次元CG疑似体験システム、1210…3次元形状作成プログラム、1220…写真編集プログラム、1230…形状データサーバ、1240…写真データサーバ、1250…3次元データ作成プログラム、1260…バーチャルリアリティ構築用ライブラリ、1400…分解組立疑似体験システム、1410…分解組立疑似体験プログラム、1411…イニシャライズ部、1412…物体のBOX化部、1413…制御部、1414…移動指示入力部、1415…物体移動部、1416…衝突検出部、1420…バーチャルリアリティ構築用プログラム、1500…格納装置。

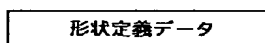
【図1】

図1



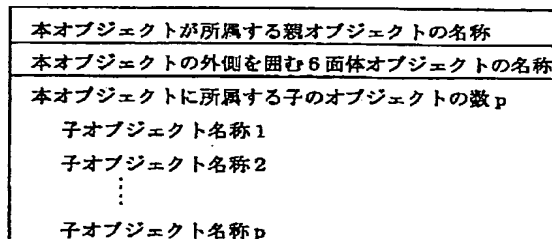
【図6】

図6



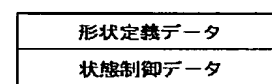
【図8】

図8



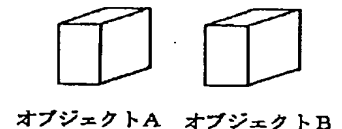
【図5】

図5

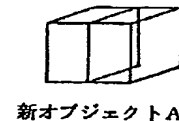


【図9】

図9



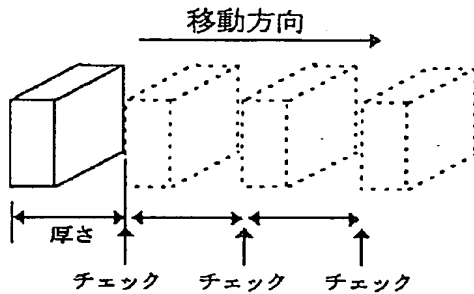
オブジェクトA オブジェクトB



新オブジェクトA

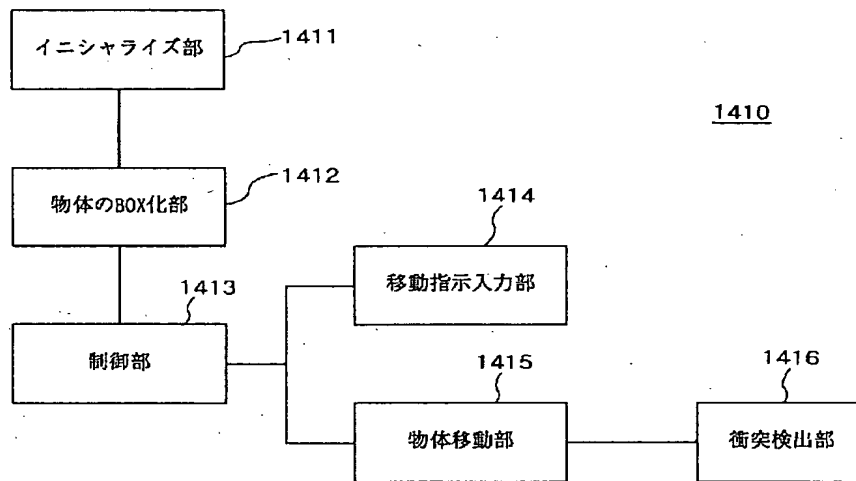
【図 2】

図2



【図 3】

図3



【図 7】

図7

オブジェクト名称			
オブジェクトを構成する頂点の数n			
頂点 1 (x、y、zの座標)			
頂点 2			
⋮			
頂点 n			
オブジェクトを構成する面の数m			
面 1 を構成する頂点の数	頂点番号	頂点番号	⋯
面 2 を構成する頂点の数	頂点番号	頂点番号	⋯
⋮			
面 m を構成する頂点の数	頂点番号	頂点番号	

【図 1 0】

図10

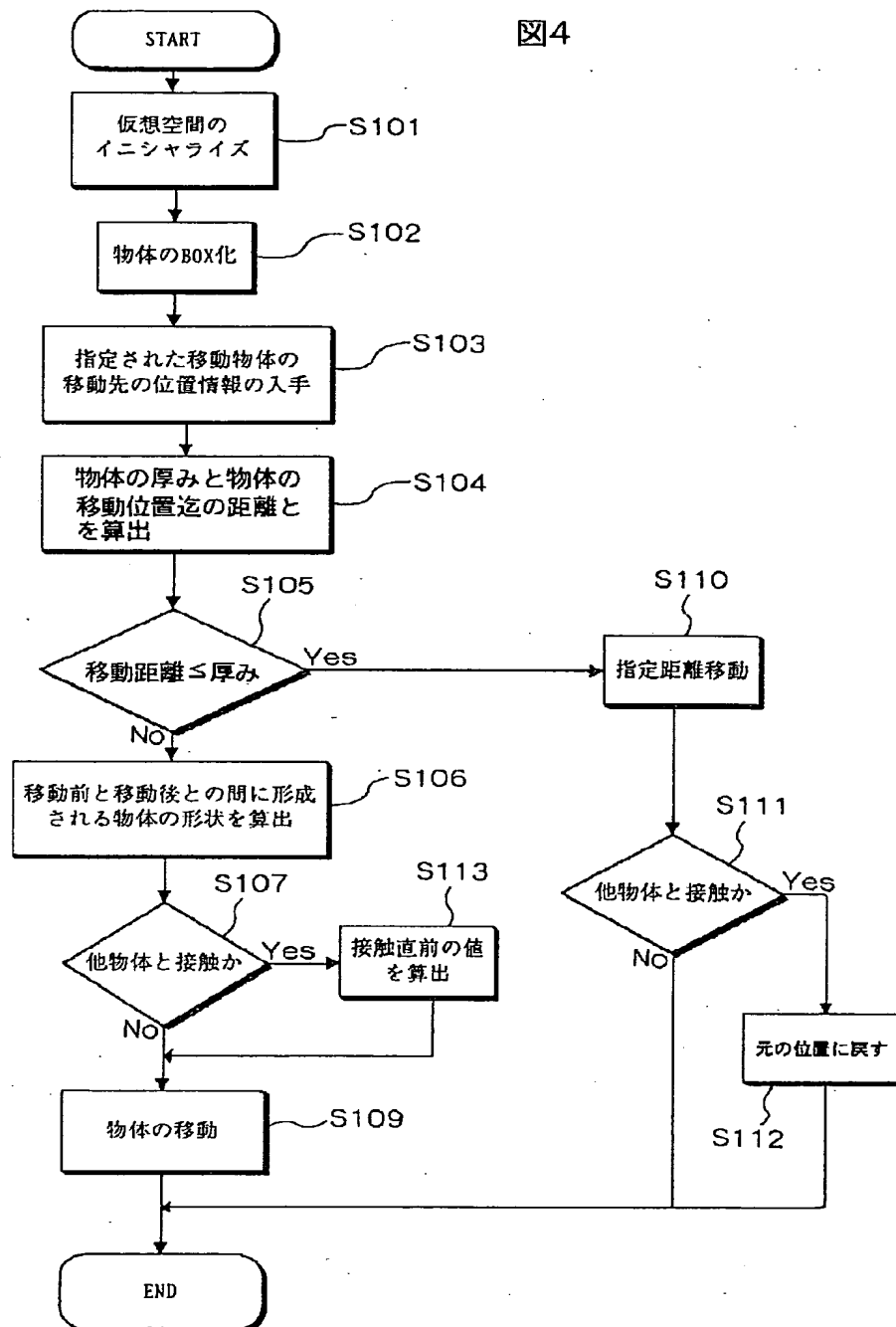
形状定義データ A	形状定義データ B
空	空
6 面体 a	6 面体 b
0	0

形状定義データ A	形状定義データ B
空	A
6 面体 a'	空
1	0
B	

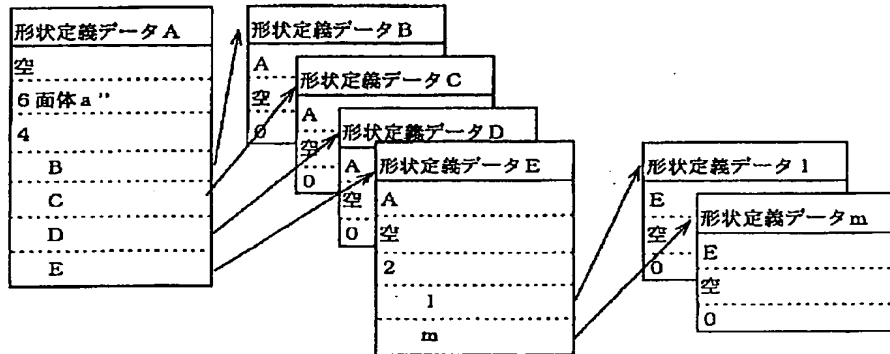
【図 4】

図 4

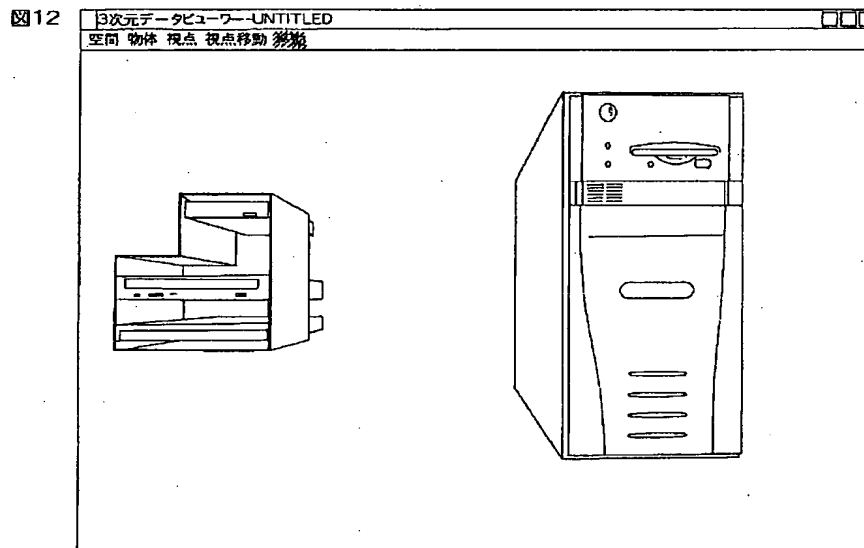


【図 1 1】

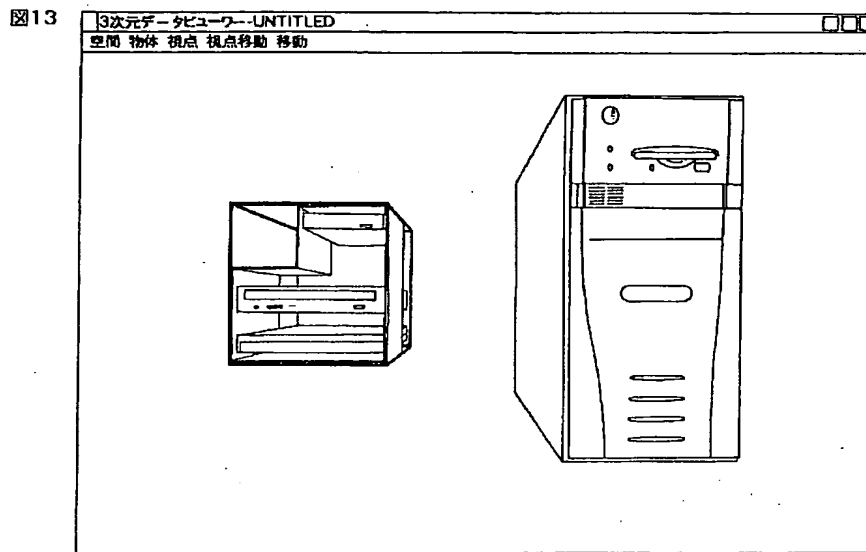
図 11



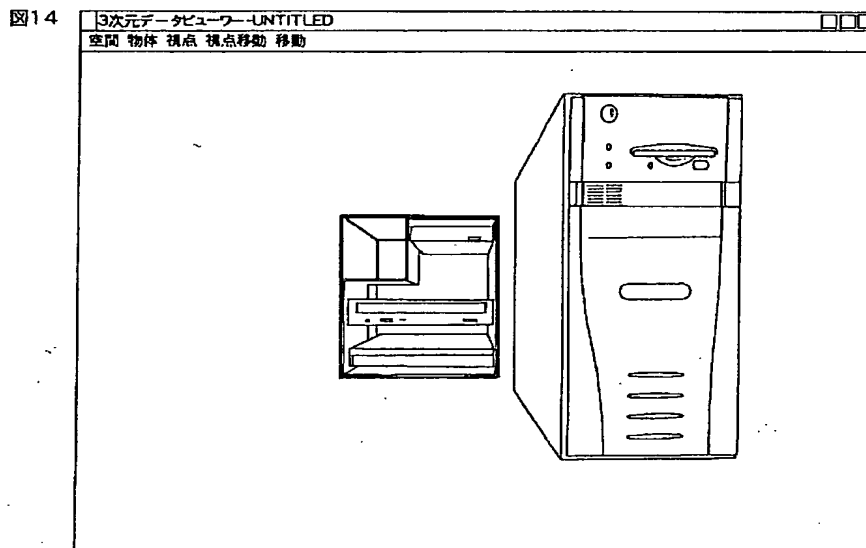
【図 1 2】



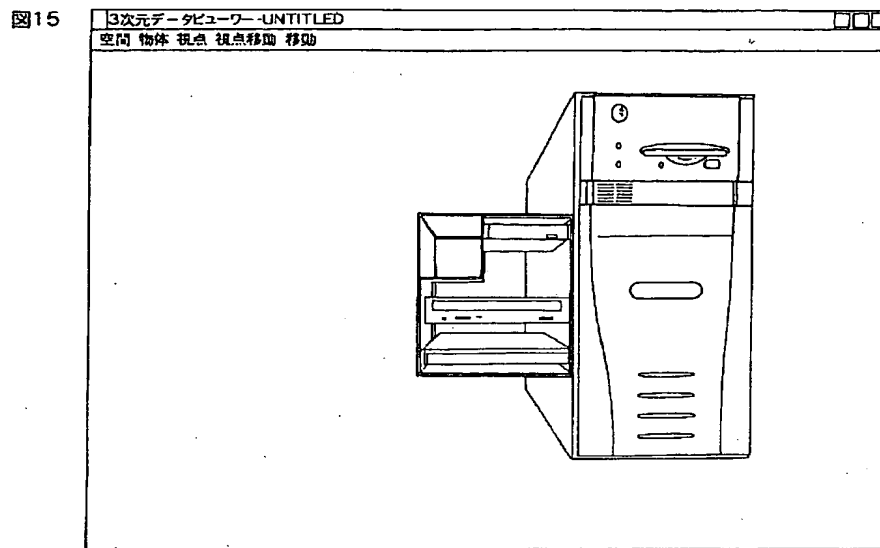
【図13】



【図14】



【図 15】



【図 16】

